

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-129919

(43)Date of publication of application : 16.05.1997

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

H01L 21/203

(21)Application number : 07-279967

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 27.10.1995

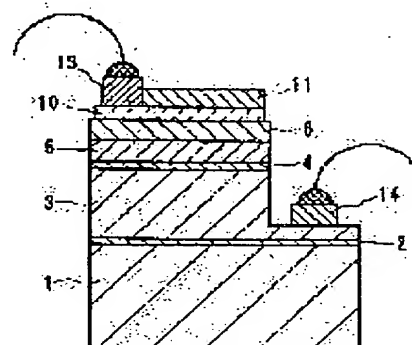
(72)Inventor : SANO MASAHIKO  
SENOO MASAYUKI  
NAKAMURA SHUJI

## (54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a light emitting device having an excellent external quantum efficiency by forming an electrode constituted of a first layer composed of a light transmitting metallic thin film and a second layer composed of a transparent conductive film containing an oxide on the surface of a p-type nitride semiconductor layer.

SOLUTION: After Pd is vapor-deposited on almost the entire surface of a p-type GaN layer as a first layer 10, a second layer 11 composed of ITO is vapor-deposited on the first layer 10 and a light transmitting electrode is formed by alloying parts of the first p-layer 10 and second layer 11 in a state where the constituents of layers 10 and 11 are united together. Consequently, the electrode side can be constituted as an emitted light observing surface, because an electric current can be spread uniformly throughout the layer and the p-layer can transmit light. Therefore, the light emitted from an active layer can be fetched effectively. Moreover, since the electrode has an excellent ohmic property against the p-layer, in addition, a practical light emitting device having a low Vf can be obtained.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-129919

(43) 公開日 平成9年(1997)5月16日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 33/00			H 0 1 L 33/00	C
				E
21/203			21/203	M

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-279967

(22) 出願日 平成7年(1995)10月27日

(71) 出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 佐野 雅彦

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 妹尾 雅之

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 中村 修二

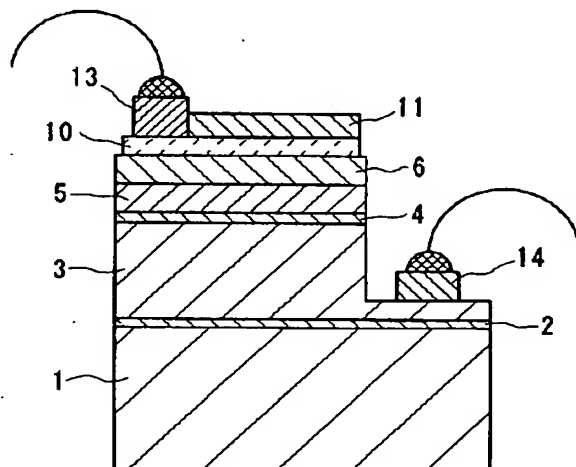
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体発光素子

(57) 【要約】

【目的】 発光素子として有用な p 層の新規な電極を提供することにより、外部量子効率に優れた発光素子得る。

【構成】 p 型窒化物半導体層が最表面に形成されてなる窒化物半導体発光素子において、前記 p 型窒化物半導体層の表面に、透光性の金属薄膜よりなる第一の層と、酸化物を含む透明導電膜よりなる第二の層とからなる電極が形成されているので、透光性の電極を通して発光が観測でき、外部量子効率が向上する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 p型窒化物半導体層が最表面に形成されてなる窒化物半導体発光素子において、前記p型窒化物半導体層の表面に、透光性の金属薄膜よりなる第一の層と、酸化物を含む透明導電膜よりなる第二の層とからなる電極が形成されていることを特徴とする窒化物半導体発光素子。

【請求項2】 前記第一の層の膜厚が500オングストローム以下であることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項3】 前記第一の層がニッケル(Ni)、白金(Pt)パラジウム(Pd)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、オスミウム(Os)、イリジウム(Ir)よりなる群から選択された少なくとも一種を含む金属または合金よりなることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項4】 前記第二の層が亜鉛(Zn)、インジウム(In)、スズ(Sn)、マグネシウム(Mg)よりなる群から選択された少なくとも一種を含む酸化物よりなることを特徴とする請求項1乃至請求項3の内のいずれか一項に記載の窒化物半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は窒化物半導体( $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ,  $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$ )が積層されてなるLED等の発光素子に係り、特に最表面にp型窒化物半導体層が形成された発光素子の電極に関する。

## 【0002】

【従来の技術】現在、窒化物半導体( $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ,  $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$ )を用いた青色LED、緑色LEDが実用化されている。これらのLEDの基本的な構造は、透明な絶縁性基板の上に例えばn型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  ( $0 \leq y \leq 1$ )よりなるn型窒化物半導体層(以下、n層という。)と、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $0 < x \leq 1$ )よりなる活性層と、p型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  ( $0 \leq z \leq 1$ )よりなるp型窒化物半導体層(以下、p層という。)とが順に積層されたダブルヘテロ構造を有している。このLEDは基板側からn電極を取り出すことができないので、同一面側からn電極と、p電極とを取り出す、いわゆるフリップチップ形式とされている。発光観測面側は基板が透明であるので、基板側、電極側いずれ側にもなるが、電極側、つまりp型窒化物半導体層側が発光観測面とされているものが多い。

【0003】発光観測面側となるp層には、活性層の発光を外部に取り出すために透光性の金属よりなる電極が設けられている。また我々は特開平6-314822号公報において、p層の表面に透光性の金属電極が設けられた発光素子を示した。しかしながら、従来の透光性の金属電極では、青色、緑色光に対する電極の透過率が悪く、外部量子効率では未だ十分満足できるものではな

った。

【0004】ところで、LED等の半導体材料よりなる発光素子に使用される電極は、順方向電圧を低下させるためにも、その半導体材料と好ましいオーミック接触を得ている必要がある。前記LEDにおいても、n層にはTiとAlを含む電極、p層にはNiとAuを含む電極で好ましいオーミック接触を得ている。

【0005】その他、窒化物半導体に形成する電極材料として、例えば特開平5-55631号には酸化スズ、酸化インジウム、酸化亜鉛が示されている。しかしこの公報に示される材料はアクセプター不純物をドーブしたi(insulator)型の窒化物半導体に形成する電極であって、好ましいオーミックは得られておらず、p層に形成する電極ではない。また特開平5-315647号公報にはp層に形成する好ましい電極としてAg、Au、Pt、Ir、Pd、Rh等が述べられているが、実際にはp型ではなくMIS構造の発光素子のi層にAu電極しか設けられていない。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】p層は従来より結晶成長が非常に難しい材料であり、その物性も未だ良く解明されていないのが現実である。p-n接合を有するLEDが実現されてもp層に形成する電極には未だ改良すべき点も多く、さらにp層となじみが良く、数々の特性に優れた電極材料が求められている。またLEDでは外部量子効率の向上が望まれている。従って本発明の目的とするところは、発光素子として有用なp層の新規な電極を提供することにより、外部量子効率に優れた発光素子を実現することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の発光素子は、p型窒化物半導体層が最表面に積層されてなる窒化物半導体発光素子において、前記p型窒化物半導体層の表面に、透光性の金属薄膜よりなる第一の層と、酸化物を含む透明導電膜よりなる第二の層とからなる電極が形成されていることを特徴とする。

【0008】さらに本発明の態様では、第一の層の膜厚が500オングストローム以下であることを特徴とする。500オングストローム以下の膜厚にすれば、第一の層の透光性が非常に良くなる。

【0009】また、第一の層がニッケル(Ni)、白金(Pt)パラジウム(Pd)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、オスミウム(Os)、イリジウム(Ir)よりなる群から選択された少なくとも一種を含む金属または合金よりなることを特徴とする。これらの金属または合金はp型層と好ましいオーミック接触が得られ、その中でも特に第一の層において、Niおよび/またはPdをp層と接する側にすると、さらに好ましいオーミック接触を得ることができる。

【0010】また、本発明では、第二の層が亜鉛(Z

n)、インジウム(In)、スズ(Sn)、マグネシウム(Mg)よりなる群から選択された少なくとも一種を含む酸化物よりなることを特徴とする。具体的にはZnO、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SnO<sub>2</sub>、ITO(InとSnとの酸化物)、MgO等を挙げることができる。

【0011】本発明の発光素子において、第一の層、および第二の層を形成するには蒸着、スパッタ等、通常の気相製膜装置を用いることができる。第一の層は透光性の金属薄膜である。金属薄膜を透光性にするには例えば金属薄膜の膜厚の制御により可能である。透光性になる膜厚は金属の種類によっても異なるが、通常0.1μm以下の膜厚にすることにより透光性とすることができる。好ましくは500オングストローム(0.05μm)以下、さらに好ましくは200オングストローム以下の膜厚にすることにより、第一の層が発光の吸収が少ない優れた透光性を有する。なお透光性とは発光素子の発光波長を電極が透過するという意味であって、必ずしも無色透明を意味するものではない。

【0012】第一の層はp層の電極となる金属で透光性の薄膜を形成できる材料であればどのような材料でも良いが、特にNi、Pt、Pd、Rh、Ru、Os、Irよりなる群から選択された少なくとも一種を含む金属または合金はp層と好ましいオーミック接触が得られ、発光素子の順方向電圧を下げる上で有用である。、その中でも特に、Niおよび/またはPdをp層と接する側にすると、窒化物半導体よりなる発光素子の360nm~650nm付近、望ましくは380nm~560nmの波長の吸収が少なく、かつオーミック性にも優れているので、最も好ましい。またこの第一層を前記金属の積層構造としてもよい。積層構造の場合、後に電極を熱的アニールで処理すると、電極材料が第一層の中で渾然一体となって合金化した状態となる。

【0013】第二の層は第一の層の上に形成して、電極全体の抵抗を低くする。そのために第二の層を酸化物を含む透明導電膜とする。酸化物を含む透明導電膜には数々の種類があるが、特に好ましくはZnO、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SnO<sub>2</sub>、ITO(InとSnの酸化物)、MgO等で示されるZn、In、Sn、Mg等の酸化物を含む抵抗の低い透明導電膜を形成することが望ましい。この透明導電膜よりなる第二の層の厚さは特に限定するものではなく、数オングストローム~数μmの厚さで形成可能である。

【0014】本発明の発光素子はMOVPE(有機金属気相成長法)、HDVPE(ハライド気相成長法)、MBE(分子線気相成長法)、MOMBE(有機金属分子線気相成長法)等の気相成長装置を用いて、基板上に窒化物半導体の結晶を成長、積層することで作成可能である。基板にはサファイア(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、ZnO、スピネル(MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)、SiC、Si、GaN等が用いられるが、一般的にはサファイア、SiCが用いられると

とが多い。積層構造としては、基本的にn層の上にp層を積層してp層が最表面となるように積層して、この最表面のp層に電極を形成できる構造とする。具体的にはp-n接合を有するヘテロ構造、p-i-n接合を有するヘテロ接合の発光素子等が挙げられる。n型の窒化物半導体は、例えばSi、Ge、Se等のドナー不純物をドーブすれば成長可能である。一方、p型の窒化物半導体は、Mg、Zn等のII族元素、C等のアクセプター不純物を窒化物半導体中にドーブすることにより成長可能である。例えば、MOVPE法を用いてアクセプター不純物をドーブした窒化物半導体を成長させると、成長後、何の処理をしなくともp型特性を示すものもあるが、好ましくは、400℃以上でアニール処理を施すことにより、さらに好ましいp型特性を示すようになる。なおp型とは、例えばアクセプター不純物をドーブした窒化物半導体で、抵抗率が10<sup>3</sup>Ω・cm以下を示す半導体をいう。

【0015】

【作用】図1はp層に形成した各種電極の電流電圧特性を示すグラフである。具体的に、p層の上に次に述べる第一の層のみを形成した後、あるいは第一の層と第二の層とを形成した後、400℃以上でアニールして電極を形成し、同一種類の電極同士の電流電圧特性を測定することにより、その電極のp層に対するオーミック性を調べたものである。また、図2は図1に示す透光性電極の透過率を示すグラフである。電極は次の通りである。

【0016】

A：第一の層にPdを40オングストロームの膜厚で形成した透光性電極。

30 B：第一の層にRhを40オングストロームの膜厚で形成した透光性電極

C：第一の層にPdを10オングストローム、第二の層にZnOを500オングストロームの膜厚で形成した透光性電極。

D：第一の層にPdを10オングストローム、第二の層にIn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を500オングストロームの膜厚で形成した透光性電極。

40 E：第一の層にNiを60オングストローム、第二の層にAuを200オングストロームの膜厚で形成した透光性電極。

【0017】図1に示すように、Pd(A)はp層と接する側にすると非常に良好なオーミック性を示す。なおA線の傾きはPdの膜厚が薄くなればなるほど、小さくなる傾向にある。一方、Rh(B)は一応オーミック性は示すものの、他のA、C、D、Eに比べて接触抵抗が大きい。なお他のRu、Os、Ir等の白金族の元素はB線と同様の傾向を示したので省略する。次に一層目にPd、二層目にZnOを形成した電極(C)、及び一層目にPd、二層目にIn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を形成した電極(D)も良好なオーミック接触を示している。この傾向は第二層目を

ITO、SnO<sub>2</sub>またはMgOとしても同様であったので省略する。また一層目にNi、二層目にAuを形成した電極(E)は良好なオーミック接触を示しているが透過率が悪い。これは後に述べる。なおオーミック性に関しては第一層目にNi、Ptを形成した電極もE線と同様の傾向を示したので省略する。

【0018】また図2は各電極の透過率を示すものであるが、従来のNi-Auを含む電極(E)は窒化物半導体発光素子の発光の特徴である紫色〜緑色領域にかけての透過率が悪い。これに対し、本発明の発光素子に係る電極C、Dの透過率はEに比べて非常に優れているので、発光素子の外部量子効率を向上させることができる。また、第一層目にのみ他の白金族の元素Pt、Ru、Os、Ir等の元素よりなる透光性電極はA、B線と類似した透過率を示すので省略する。

【0019】p層を最表面とする発光素子では、p層に形成した電極が発光をさえぎらなければ、発光素子の外部量子効率が向上する。そこで、p層の表面に、透過率のよい透光性の金属薄膜よりなる第一の層と、透過率の良い酸化物を含む透明導電膜よりなる第二の層とからなる電極を形成することにより、発光素子の外部量子効率は向上する。

【0020】さらに、第一の層の膜厚が500オングストローム以下であると、透光性の良い電極としての第一の層を形成することができるが、第一の層の膜厚を次第に薄くすることにより、電極のp層に対するシーズ抵抗が大きくなる傾向にある。本発明では透明な導電膜である第二の層を、第一の層の上に形成していることにより、全体としての電極の厚さが厚くなって、抵抗が大きくなるのを防止できる。しかも、電極全体としては透光性を保ったままであるので、発光は効率よく外部へ取り出される。

【0021】さらに、第一の層にNi、Pt、Pd、Rh、Ru、Os、Irよりなる群から選択された少なくとも一種を含む金属または合金とすることにより、膜厚を薄くした状態においてもp層と好ましいオーミックが得られるために、発光素子のV<sub>f</sub>が下がり、発光効率に優れた素子を実現できる。また窒化物半導体発光素子の特徴とする紫〜緑色波長域での透過率がよい。

【0022】また、第二の層にZn、In、Sn、Mgよりなる群から選択された少なくとも一種を含む導電性の酸化物薄膜は前記のように紫〜緑色波長域での透過率が良く、さらに、第一の層の膜厚を薄くしても、この第二の層があるために電極の抵抗が上らないという利点を有する。

【0023】

【実施例】以下、図面を基に本発明の発光素子の一実施例について説明する。図3は本発明の発光素子をp層の電極側から見た平面図であり、図4は図3の発光素子を図に示す一点鎖線で切断した際の構造を示す模式的な断

面図である。

【0024】【実施例1】MOVPE反応装置を用い、2インチφのサファイア基板1の上にGaNよりなるバッファ層2を200オングストローム、Siドープn型GaNよりなるn型コンタクト層3を4μm、ノンドープIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなる単一量子井戸構造の活性層4を30オングストローム、Mgドープp型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nよりなるp型クラッド層5を0.2μm、Mgドープp型GaNよりなるp型コンタクト層6を0.5μmの膜厚で順に成長させる。

【0025】さらにウェーハを反応容器内において、窒素雰囲気中で600℃でアニーリングして、p層5、6をさらに低抵抗化する。アニーリング後、ウェーハを反応容器から取り出し、最上層のp型GaNの表面に所定の形状のマスクを形成し、エッチング装置でマスクの上からエッチングを行い、図2に示すようにn型コンタクト層3の一部を露出させる。

【0026】次に、p層の上のマスクを除去し、最上層のp型GaN層のはば全面に第一の層10として、Pdを20オングストロームの膜厚で蒸着する。蒸着後の第一の層は明らかに透光性となっており、サファイア基板1まで透けて観測できた。このように第一の層を、露出したp層のはば全面に形成することにより、電流をp層全体に均一に広げることができ、しかも透光性であるので、電極側を発光観測面とできる。

【0027】第一の層10形成後、第一の層の隅部にAuとNiを含むボンディング用のパッド電極13を2μmの膜厚で形成する。なおこのパッド電極13は透光性ではない。

【0028】パッド電極13形成後、第一の層10の上にITOよりなる第二の層11を500オングストロームの膜厚で蒸着する。

【0029】パッド電極13を形成した後、露出したn層にTiとAlとを含むn電極14を2μmの膜厚で形成し、最後にアニール装置で400℃以上で熱処理を施し、電極を合金化させる。なおアニールによりp層の第一の層10と第二の層11とからなる透光性の電極は合金化して渾然一体となった状態となっているので、図1では、あえて最表面の電極を第二の層11と示さず、第一の層+第二の層という意味で10+11という符号で示している。

【0030】以上のようにして、n型コンタクト層3とp層コンタクト層6とに電極を形成したウェーハを、350μm角のチップ状に切断し、その発光チップのサファイア基板側1をリードフレームと接着し、ワイヤーボンディングし、エポキシ樹脂でモールドしてLED素子としたところ、I<sub>f</sub>(順方向電流)20mAにおいて、V<sub>f</sub>(順方向電圧)3.4V、発光波長460nmであり、発光出力は、従来のNiとAuを含む透光性のp電極を有する同構造のLEDよりも、約30%高かった。

【0031】【実施例2】実施例1において、第一の層10にNiを20オングストローム、第二の層11に $\text{In}_2\text{O}_3$ を500オングストロームの膜厚で形成する他は、実施例1と同様にしてLED素子を得たところ、If 20mAにおいて、Vf 3.5Vで発光出力は実施例1のものとはほぼ同等であった。

【0032】【実施例3】実施例1において、第一の層10にPdを10オングストローム、Niを10オングストローム積層し、第二の層11に $\text{SnO}_2$ を用いる他は実施例1と同様にしてLED素子を得たところ、If 20mAにおいて、Vf 3.4V、発光出力も実施例1のものとはほぼ同等であった。

【0033】【実施例4】実施例1において、第一の層10にPdを10オングストローム、Ptを10オングストローム積層し、第二の層11にZnOを用いる他は実施例1と同様にしてLED素子を得たところ、If 20mAにおいて、Vf 3.5V、発光出力も実施例1のものとはほぼ同等であった。

【0034】【実施例5】実施例1において、第一の層10にPdを10オングストローム、Rhを10オングストローム積層し、第二の層11にMgOを用いる他は実施例1と同様にしてLED素子を得たところ、If 20mAにおいて、Vf 3.5V、発光出力も実施例1のものとはほぼ同等であった。

【0035】【実施例6】実施例1において、第一の層10にPdを10オングストローム、Ruを10オングストローム積層し、第二の層11に $\text{In}_2\text{O}_3$ を用いる他は実施例1と同様にしてLED素子を得たところ、If 20mAにおいて、Vf 3.5V、発光出力も実施例1のものとはほぼ同等であった。

【0036】【実施例7】実施例1において、第一の層10の膜厚を200オングストロームとする他は実施例\*

\*1と同様にして、LED素子を得たところ、If 20mAにおいて、Vf 3.4Vであったが、第一の層の透光性がやや失われたため、発光出力は実施例1のものに比べて20%程低下した。

【0037】

【発明の効果】以上説明したように本発明の発光素子は、p層の表面に形成して、活性層の発光を有効に外部に取り出すことができる。しかも電極がp層とのオーミック性にも優れているため、Vfが低い実用的な発光素子を実現できる。本発明の発光素子を例えばフルカラーLEDディスプレイ、LED信号機、道路情報表示板等のLEDデバイスに使用すると、低消費電力で明るいデバイスが実現でき、その産業上の利用価値は大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 p層に形成した各種電極の電流電圧特性を示す図。

【図2】 p層に形成する各種電極の各波長に対する透過率を示す図。

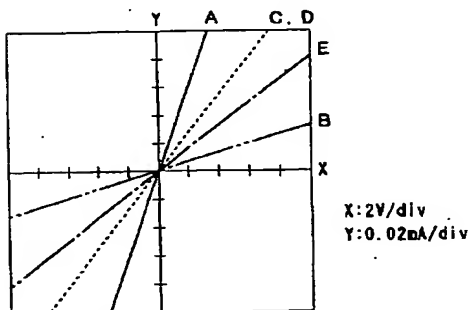
【図3】 本発明の一実施例に係る発光素子の電極形状を示す平面図。

【図4】 図1の発光素子の構造を示す模式断面図

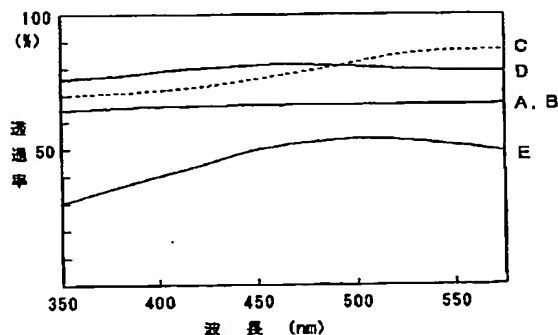
【符号の説明】

- 1・・・サファイア基板
- 2・・・バッファ層
- 3・・・n型コンタクト層
- 4・・・活性層
- 5・・・p型クラッド層
- 6・・・p型コンタクト層
- 10・・・第一の層
- 11・・・第二の層
- 13・・・パッド電極
- 14・・・n電極

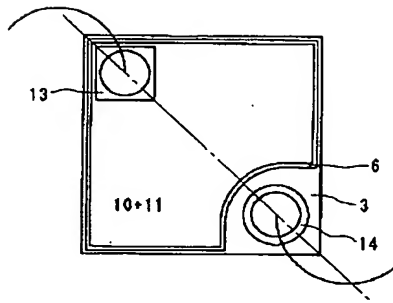
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

